



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
ESTOMATOLOGÍA

REVISIÓN DE MATERIALES PARA IMPRESIÓN 3D

REVIEW OF MATERIALS FOR 3D PRINTING

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE CIRUJANO DENTISTA

AUTORAS

ALEXANDRA AILEN DAMIAN ASMAT
MARIA ALEJANDRA ORDOÑEZ GARCIA
KAREN VIRGINIA RIVERA PUN LAY

ASESORA

MG. ESP. JANETT MAS LOPEZ

LIMA - PERÚ

2023

ASESORA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. Esp. Janett Mas Lopez

Departamento Académico de Clínica Estomatológica

ORCID: 0000-0002-1792-1450

Fecha de aprobación: 25 de mayo de 2023

Calificación: Aprobado

DEDICATORIA

Dedicamos a Dios, nuestros padres, familiares y amigos por su amor y apoyo, durante todo el tiempo de nuestra formación universitaria, y por motivarnos a culminar este proyecto para obtener el título universitario de cirujano dentista.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestra asesora la Mg. Janett Mas López y al Mg. Roberto A. León Manco, por su paciencia, comprensión, tiempo, apoyo y dedicación en el transcurso de preparación para trabajo de investigación.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

REVISIÓN DE MATERIALES PARA IMPRESIÓN 3D

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %	6 %	3 %	3 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universitat Internacional de Catalunya Trabajo del estudiante	1 %
2	www.researchgate.net Fuente de Internet	1 %
3	pubmed.ncbi.nlm.nih.gov Fuente de Internet	1 %
4	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
5	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
6	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
7	riucv.ucv.es Fuente de Internet	<1 %
8	www.repositorio.unicamp.br Fuente de Internet	<1 %
9	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen

Pág.

Abstract	
I. Contexto	1
II. Objetivos	5
III. Proceso de Búsqueda de información	6
IV. Análisis de evidencia	10
V. Conclusiones	22
VI. Referencias bibliográficas	24
Anexos	27

RESUMEN

Contexto: La impresión en 3D es una tecnología en ascenso para distintas especialidades de la odontología, siendo una alternativa a la fabricación por sistemas

CAD/CAM. **Objetivo:** Determinar los materiales para la impresión 3D por técnica aditiva, sus ventajas, desventajas y aplicaciones en odontología. **Proceso de búsqueda de información:** Se realizó una revisión de literatura, donde primero se procedió a una búsqueda en PubMed mediante los términos MeSH y se obtuvo 367 resultados que coinciden con el criterio de inclusión de revistas de los últimos diez años. Luego de ello, se filtraron los estudios transversales, metanálisis y revisión sistemática y se obtuvieron 10 artículos. **Análisis de evidencia:** De los 10 artículos, se encontró 1 estudio de manera sistematizada (Suiza) y 9 de manera manual (Taiwán, Japón, España, Alemania, Corea del sur, Brasil, Portugal). Sus años de publicación varían desde el 2017 hasta el 2022, cuyos objetivos eran la descripción de los materiales, sus ventajas, desventajas y/o usos en odontología. **Conclusiones:** Los principales materiales de impresión 3D por técnica aditiva son los polímeros fotopolimerizables, los polímeros termoplásticos y el cromo- cobalto. Tienen como ventajas su procesamiento rápido, su porosidad controlada, su mediano a bajo costo, su buen acabado y precisión y sus propiedades mecánicas aptas para el medio bucal; sin embargo, no se pueden esterilizar con calor, su tecnología es de alto costo, puede causar problemas de salud y algunos son citotóxicos. La impresión 3D se aplica para el planeamiento quirúrgico, para guías quirúrgicas, y para restauraciones provisionales, prótesis removibles y fijas.

Palabras clave: Impresión 3D dental, Técnicas de impresión 3D, Materiales de impresión 3D, Impresión tridimensional, Impresión tridimensional en odontología

ABSTRACT

Context: 3D printing is an up-and-coming technology for different specialties in dentistry, being an alternative to fabrication by CAD/CAM systems. **Objective:** To determine the materials for 3D printing by additive technique, their advantages, disadvantages and applications in dentistry. **Information search process:** A literature review was carried out, where first a search was made in PubMed using the MeSH terms and 367 results were obtained that matched the inclusion criteria of journals from the last ten years. After that, cross-sectional studies, meta-analysis and systematic review were filtered and 10 articles were obtained. **Evidence analysis:** Of the 10 articles, 1 study was found systematically (Switzerland) and 9 manually (Taiwan, Japan, Spain, Germany, South Korea, Brazil, Portugal). Their publication years vary from 2017 to 2022, whose objectives were the description of the materials, their advantages, disadvantages and/or uses in dentistry. **Conclusions:** The main 3D printing materials by additive technique are light-curing polymers, thermoplastic polymers and chrome-cobalt. They have the advantages of fast processing, controlled porosity, low-cost medium, good finish and precision, and mechanical properties suitable for the oral environment; however, they cannot be heat sterilized, their technology is expensive, can cause health problems, and some of them are cytotoxic. 3D printing is applied for surgical planning, for surgical guides, and for provisional restorations, removable and fixed prostheses.

Keywords: Dental 3D printing, 3D printing techniques, 3D printing materials, 3D printing, Three-dimensional printing, Three-dimensional printing in dentistry.

I. CONTEXTO

En los últimos años, la impresión tridimensional (3D) ha ganado terreno por su versatilidad en diversos ámbitos. Fue desarrollada en 1986, por Charles W. Hull, para imprimir capas secuenciales finas de material, seguido de su polimerización mediante luz ultravioleta para formar sólidas estructuras tridimensionales al que se denominó “estereolitografía” (SLA). Al expirar la patente en 2009, esta técnica ha evolucionado a pasos más agigantados, logrando que sea más rápida y compleja (1, 2). El trabajo digital consiste en tres elementos: la adquisición de datos con los escáneres, la manipulación y procesamiento de datos mediante un software asistido por computadora y, finalmente, la fabricación de este modelo, siendo una opción el CAM (fabricación sustractiva), la fabricación formativa (remodelación de una pieza sin reducir o agregar material) y la impresión 3D (fabricación aditiva) (2, 4). En esta revisión nos enfocaremos en la descripción de los materiales para fabricación aditiva.

La fabricación aditiva es definida por la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) como el proceso de unir materiales capa sobre capa para fabricar objetos a partir de datos de modelos 3D (4). Su implementación en medicina comenzó con la necesidad de replicar la anatomía de tejidos y órganos. Se toma en cuenta los archivos de imágenes digitales (archivo.DICOM) obtenidos en resonancias magnéticas (RMN), tomografías axiales computarizadas (TAC) etc, evolucionando la anatomía analítica a una sintética. Los usos en el área médica son: modelos anatómicos para la enseñanza y la simulación de casos, planeación preoperatoria, investigación médica e implantes,

mejorando la calidad diagnóstica y la planificación quirúrgica permitiendo la simulación de pasos complicados en el modelo impreso y así prever complicaciones intra y postoperatorias (3).

La impresión 3D en la odontología reduce el desperdicio de material, uso de energía, la cantidad de pasos y la intervención humana (horas-trabajo), para así disminuir los errores en la preparación de polímeros, el diseño y fabricación convencional de restauraciones o prótesis (1, 6). En cirugía bucomaxilofacial, se realiza la planificación quirúrgica hasta la rehabilitación, confeccionando prótesis faciales, maxilofaciales, y andamios tisulares biocompatibles. En implantología, se fabrican guías quirúrgicas a base de tomografías. Para la protodoncia, se fabrican modelos de estudios, prótesis metálicas y totales, coronas provisionales; también, alineadores de ortodoncia transparentes, férulas oclusales y protectores de mordida (4, 5, 7). La impresión 3D tiene ciertas limitaciones como el “efecto escalera” y la necesidad de estructuras de soporte; al ser una técnica nueva en el ámbito, la reproducibilidad y especificidad todavía no es precisa para algunas aplicaciones en odontología (4).

Para realizar estructuras dentales impresas en 3D, existen técnicas directas e indirectas, donde se necesita un proceso de desaglomeración y sinterizado después de la impresión. Los del último tipo son los preferibles al contar con menor riesgo de agrietamiento y con protocolos de calentamiento gradual para disminuir el shock térmico (8). Entre los métodos indirectos más utilizados se encuentran la fotopolimerización vat, siendo la SLA y el procesamiento digital de luz (DLP);

robocasting (RC) o extrusión de material (ME), como la técnica de fabricación de filamentos fusionados (FFF); material jetting (MJ) o impresión directa inkjet(DIP), como la técnica PolyJet; y finalmente, el binder jetting (BJ). Y entre las indirectas están la deposición con energía directa (DED) y la fusión por lecho de polvo (SLS, SLM, EBM) (1, 8). Existen diferentes tipos de impresoras 3D como ZENITH (SLA), M-one (DLP), Cubicon (ME), Objet Eden (MJ), entre otros. El tiempo de impresión oscila entre una a cuatro horas, varía en cuanto a la técnica de impresión y tipo de impresora. En cuanto al costo, dependerá de la técnica, por ejemplo, imprimir un modelo con PolyJet es más precisa y costosa (12 dólares), a diferencia de la técnica FFF (5).

Las materias primas para la fabricación aditiva utilizadas con fines médicos y dentales se agrupan en: combinaciones de materiales aglutinantes/en polvo (inyección del lecho de polvo que rocía el aglutinante), incluidos polímeros (incluidas resinas y termoplásticos), cerámicas y metales (3, 4). Los termoplásticos se usan en máquinas de FFF, entre ellos tenemos a la cera (material de soporte y de construcción para encerados de diagnósticos), al Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y el Polímero de ácido poliláctico (PLA) siendo el más ecológico y biocompatible con la cavidad oral como material provisional que el ABS. Las resinas foto iniciadas, es el material de elección para la SLA y DLP, ofrecen mejor color, rigidez y se le puede agregar materiales biocompatibles (4). También, existe el PMMA(Polimetilmetacrilato) para la fabricación de análogos de restauraciones provisionales debido a su biocompatibilidad, facilidad de manejo y desempeño mecánico (5). El uso del metal base CoCr se usa para la subestructura de prótesis dentales debido al costo, propiedades que lo hacen más

tolerante a la carga, buenas características de unión con la porcelana y mayor estabilidad en el entorno oral a comparación con otros metales (3). Las cerámicas son usadas para prótesis dentales con técnicas FFF, BJ y SLS (Sinterizado selectivo por láser), aunque todavía crea estructuras porosas; con el DIP y la infiltración al vacío se producen cerámicas reforzadas con alúmina, al igual que con zirconio; no obstante, existen inconvenientes con su contracción anisotrópica (4).

Dado a la aparición de nuevos materiales para la técnica de impresión 3D es importante revisar los reportes de la literatura para conocer: ¿Cuáles son los materiales para la impresión 3D y sus ventajas, desventajas y aplicaciones en las diferentes técnicas aditivas en odontología?

II. OBJETIVO

Objetivo general:

Determinar los materiales para la impresión 3D por técnica aditiva, sus ventajas, desventajas y aplicaciones en odontología basado en la revisión de literatura.

Objetivos específicos:

1. Determinar los materiales disponibles para la impresión 3D por técnica aditiva en odontología basado en la revisión de literatura.
2. Determinar las ventajas de los materiales para la impresión 3D por técnica aditiva basado en la revisión de literatura.
3. Determinar las desventajas de los materiales para la impresión 3D por técnica aditiva basado en la revisión de literatura.
4. Determinar las aplicaciones de los materiales de impresión 3D por técnica aditiva en odontología basado en la revisión de literatura.

III. PROCESOS DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

Tipo de estudio

El presente trabajo de investigación es una revisión de literatura.

Estrategia de la búsqueda

La revisión se realizó mediante estudios transversales, experimentales, comparativos, metaanálisis y revisiones sistemáticas, que describen y comparan propiedades de los distintos materiales para impresión 3D en odontología.

La búsqueda bibliográfica se realizó en la base de datos electrónica de PubMed seleccionando las publicaciones de los últimos diez años. Asimismo, se efectuó una búsqueda manual en revistas científicas de acceso virtual de la especialidad que tengan mayor factor de impacto según Scimagojr del año 2023.

Se accedieron de forma manual a las siguientes revistas: Journal of Dental Research (SJR:1.872; Q1), Journal of Esthetic and Restorative Dentistry (SJR:0.996; Q1), Dental Materials (SJR:1.283; Q1), International Journal of Dentistry (SJR:0.470; Q2), Journal of Prosthetic Dentistry (SJR:1.154; Q1), Dental Materials Journal (SJR:0.652; Q1), British Dental Journal (SJR:0.506;Q2), Journal of Prostodontic Research (SJR:0.996;Q1), International Endodontic Journal (SJR:1.506;Q1), American Journal

of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (SJR:1.062;Q1), fueron elegidas porque analizan los materiales para impresión 3D y sus diversas aplicaciones en odontología/estomatología, es debido a ello que el presente tema se relaciona el ámbito de la Prostodoncia, asimismo estas revistas obtuvieron factor de mayor impacto.

Se utilizaron los términos MeSH: 3D dental printing, 3D printing techniques, 3D printing materials, Three-Dimensional Printing, Three dimensional printing in dentistry en la búsqueda bibliográfica.

Criterios de selección

Criterios de inclusión: Artículos originales de tipo transversal, revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios comparativos de revistas científicas, publicados en los últimos diez años que describan los materiales para impresión 3D en odontología, sus técnicas, sus aplicaciones, ventajas y desventajas.

Criterios de exclusión: Aquellos artículos que no se consiguió acceso en su totalidad, también cuya antigüedad supera los diez años de publicación, y revistas científicas con información poco competente para el estudio.

Pregunta de la revisión de literatura

Para la presente revisión, se aplicará la siguiente pregunta PEO (adaptada de la

pregunta PICO por el tipo de estudio):

P	Población Impresión 3D en odontología
E	Exposición Materiales para la impresión 3D por técnica aditiva
O	Resultado Ventajas, desventajas y aplicaciones en las diferentes técnicas aditivas

Procedimiento de búsqueda

Se escogieron las palabras MeSH, con ellas se realizó la búsqueda en PubMed, con los criterios de inclusión: revistas científicas tipo transversales, revisión sistemática y metaanálisis publicados en los últimos diez años, de idioma español e inglés, que describieron los materiales para la impresión 3D y sus ventajas, desventajas y aplicaciones en las diferentes técnicas aditivas en odontología (Anexo 1).

La búsqueda con términos MeSH de la plataforma Pubmed arrojó 367 resultados que coinciden con el criterio de inclusión de revistas de los últimos diez años, incluyendo los idiomas, español, inglés. Aplicando el filtro de estudios transversales, metaanálisis y revisión sistemática se encontró un estudio de manera sistematizada y nueve de forma manual, que fueron seleccionados por ser pertinentes al tema.

Proceso de análisis

El estudio es una revisión de literatura con el objetivo de determinar los materiales para la impresión 3D y sus ventajas, desventajas y aplicaciones en las diferentes técnicas aditivas en odontología, por lo cual no se empleará ningún análisis estadístico porque el análisis es descriptivo de los artículos encontrados (Anexo 2).

IV. ANÁLISIS DE EVIDENCIA

Evidencia

Lourinho C, Salgado H, Correia A, Fonseca P (Portugal; 2022), plantearon como objetivo comparar las propiedades mecánicas de las resinas para bases dentales a impresión 3D con los materiales convencionales. Se obtuvo que la resina de impresión 3D presentó valores más bajos de resistencia a la flexión y dureza en comparación con la resina termopolimerizable. Con respecto a la resistencia al impacto, se registró un valor menor para la resina termopolimerizable en comparación con la resina de impresión 3D. Concluyeron que las resinas de impresión tridimensional son materiales viables para fabricar bases protésicas, pero se necesitan más estudios en el ámbito clínico (11).

Frasheri I, Aumer K, Kebler A, Miosge N, Folwaczny M (Alemania; 2022) , plantearon como objetivo investigar el efecto en los queratinocitos gingivales de los eluatos de materiales de resina convencionales e impresiones en 3D para la fabricación de restauraciones dentales; para calcular la respuesta proinflamatoria, se determinó la cantidad de proteína de IL-6 y 8 en los sobrenadantes usando la prueba de ELISA. Como resultado, a las 48 horas, se produjo una disminución significativa en la viabilidad celular de los queratinocitos gingivales humano (IHGK) para los materiales impresos en 3D en comparación con Grandio Disc (disco de composite nano-híbrido para CAD/CAM marca Voco) y Luxatemp (resina bisacrílica marca DMG), excepto

por la expresión de IL-8 en presencia del eluato de GrandioDisc a las 24 y 48 horas, todos los materiales probados causaron atenuación de IL-6 y 8 de los IHGK durante cualquier periodo de observación. Concluyeron que los materiales para la fabricación aditiva afectan a la proliferación celular de forma diferente al material de fabricación sustractiva Grandio disc y al material convencional Luxatemp (12).

Espinar C, Della Bona A, Pérez MM, Pulgar R (España; 2022), analizaron la literatura publicada sobre el color y las propiedades ópticas de los materiales de restauración a base de polímeros de impresión 3D. Nueve estudios cumplieron los criterios de inclusión: cinco estudios se centraron en evaluar solo la estabilidad del color, tres artículos evaluaron la estabilidad del color junto con las propiedades mecánicas y morfológicas, solo un estudio comparó los parámetros de color de los polímeros impresos en 3D con los convencionales, dos estudios evaluaron el parámetro de translucidez y no se encontró ningún estudio que evaluara la dispersión, la absorción y la transmitancia. Concluyeron que las propiedades ópticas y de color de los polímeros impresos en 3D no se evalúan ni caracterizan adecuadamente en la odontología restauradora, además, que los próximos estudios experimentales sobre estos materiales deben incluir estas propiedades físicas para poder mejorar su estética (13).

Kakinuma H, Izumita K, Yoda N, Egusa H, Sasaki K (Japón; 2022) abordaron como objetivo comparar las precisiones dimensionales de las coronas de resina compuesta para impresión 3D y las fresadas, y determinar la preparación aceptable de los dientes pilares para la impresión. Esto dio como resultado que las coronas impresas en 3D

mostraron una mayor precisión y menores discrepancias marginales que las coronas fresadas. Las coronas fresadas mostraron desviaciones dimensionales significativas, especialmente en las cúspides. Por otra parte, la corrección del offset dio como resultado surcos en la superficie interna de las coronas fresadas con desviaciones negativas, que fueron especialmente evidentes en las coronas de los modelos afilados. Y como resultado, el método de impresión 3D basado en DLP demostró mejor precisión de ajuste dimensional en comparación con el método de fresado. El método de impresión 3D basado en DLP también mostró una alta veracidad para varias formas de pilares, incluyendo las formas inadecuadas para el método de fresado (7).

Chen H, Cheng DH, Huang SC, Lin YM (Taiwan; 2021), evaluaron si las resinas de impresión 3D diseñadas para impresoras DLP (procesamiento digital de luz) se pueden utilizar exitosamente en una impresora mono-LCD (impresora con pantalla de cristal líquido monocromática). En la evaluación, se obtuvo que después del tratamiento de post polimerización, la resistencia a la flexión de Enlighten AA temp y NextDent C&B MFH de ambas impresoras 3D superó el requisito mínimo de 50 MPa para la resistencia a la flexión de las resinas provisionales especificado en la norma 10477 de la Organización Internacional de Normalización (ISO). Con 15 minutos de Form Cure y 1 minuto de post polimerización Phrozen Cure, 4 combinaciones de material e impresora alcanzaron casi el 100 % de viabilidad celular. En este estudio se plantearon dos conclusiones: las resinas provisionales diseñadas para impresoras 3D DLP se pueden utilizar con éxito en impresoras 3D mono-LCD, si las impresiones se post polimerizan en una unidad más potente o en una menos potente por más tiempo, y

aparte de ello, el proveedor de resina debe brindar instrucciones de uso actualizadas si una resina DLP puede emplearse en una impresora 3D mono-LCD (14).

Della Bona A, Cantelli V, Britto VT, Collares KF, Stansbury JW (Brasil; 2021) Presentaron un análisis cualitativo mediante una revisión sistemática sobre los materiales de restauración y la aplicabilidad clínica de la impresión 3D SLA. Obtuvieron como resultados 47 estudios encontrados de los cuales veintiuno se realizaron en Asia, dieciséis en Europa y diez EE. UU; en su mayoría, evaluaban materiales de restauración a base de polímeros para construcciones de impresión 3D. Nueve evaluaron las estructuras restauradoras a base de cerámica impresas por estereolitografía. Muchos estudios informaron sobre la precisión dimensional, la resistencia y la morfología de la superficie de las estructuras impresas. También evaluaron la respuesta antibacteriana, la citotoxicidad, el ajuste interno y marginal, la resistencia a la fractura y al desgaste, la densidad, la viscosidad, el módulo elástico, la dureza, la contracción estructural y la confiabilidad, el grado de conversión, la profundidad de curado de la capa, la fatiga y el color. Muchos publicaron una prueba de concepto como un intento de demostrar la viabilidad clínica y la aplicabilidad de la tecnología para imprimir materiales de restauración. Se concluyó que la apariencia estética, la resistencia al desgaste y a la humedad y la precisión dimensional son las principales limitaciones clínicas actuales que limitan la progresión de producción de piezas funcionales con impresión 3D, lo que explica la ausencia de ensayos clínicos e informes sobre materiales y estructuras de restauración dental definitiva (15).

Schönhoff LM, Mayinger F, Eichberger M, Reznikova E, Stawarczyk B (Alemania; 2021) investigaron las propiedades mecánicas de PPSU (polifenileno sulfona termoplástico) y PEEK (Polímero técnico termoplástico semicristalino) procesados por FFF (PPSU1-3D y PPSU2-3D) o extrusión (PPSU1-EX y PEEK-CG). Los materiales por FFF mostraron valores de resistencia a la flexión más bajos que los de extrusión. PPSU1-3D mostró la pérdida de altura más alta y ambos materiales de extrusión tuvieron la más baja. Los índices más altos de dureza Martens y módulo de indentación fueron para PEEK-CG y los más bajos para PPSU1-3D. Se observaron correlaciones entre todos los parámetros a excepción de la altura de aplicación. En conclusión, el proceso de fabricación afectó la resistencia a la flexión de PPSU, indicando que los parámetros para su impresión 3D necesitan optimizarse. Además, la calidad del filamento impactó en las propiedades mecánicas, lo que destaca la importancia de cumplir con altos estándares de calidad para su fabricación. Concluyeron que el PPSU extruido, al obtener resultados comparables con PEEK, con respecto a la resistencia a la flexión y el desgaste de dos cuerpos, es un nuevo material para restauraciones dentales que es una alternativa para la fabricación de prótesis dentales removibles y fijas (16).

Bae S, Hong MH, Lee H, Lee CH, Hong M, Lee J, Lee DH (Corea del Sur; 2020) evaluaron la confiabilidad del ajuste marginal de las prótesis dentales fijas basadas en cobalto-cromo impresas en 3D en comparación con los métodos de colado convencionales; su metaanálisis reveló que la brecha marginal de las prótesis fabricadas con impresión 3D era significativamente menor en comparación con las

fabricadas con métodos de fundición. Finalizaron su estudio concluyendo que las tecnologías de impresión 3D de metal se muestran como alternativas a los métodos de fundición en cuanto al ajuste de las prótesis dentales fijas; aun así, se requieren más estudios clínicos y de laboratorio controlados (17).

Saratti CM, Rocca GT, Krejci I (Suiza; 2019) resumieron los aspectos fundamentales para evitar fallas dentarias prematuras, con ellos, definieron y evaluaron las reglas para los procesos de fabricación 'posmodernos' en la imitación y regeneración de sistemas biológicos complejos. Los conceptos bioinspirados se aplican en campos de la ingeniería para mejorar la dureza y la resistencia de los materiales artificiales; y encontraron que la fabricación aditiva tiene gran potencial, por ello, se pueden aplicar a la odontología para mejorar las propiedades mecánicas de las restauraciones dentales; aparte, ofrece una perspectiva nueva y prometedora de regeneración de tejidos dentales. Por ende, la investigación debe enfocarse en nuevas técnicas de impresión 3D aditivas para mejorar el rendimiento clínico de los materiales dentales artificiales (18).

Dehurtevent M, Robberecht L, Hornez JC, Thuault A, Deveaux E, Béhin P (Francia; 2017) compararon las propiedades físicas y mecánicas de las cerámicas de alúmina fabricadas por SLA de diferente composición con las cerámicas fabricadas por sustracción; se obtuvieron muestras de SLA con bajo contenido de materia seca eran resistentes a la flexión y tenían una densidad significativamente más baja. Solo las muestras de SLA partículas grandes y un alto contenido de materia seca (L75 y L80) fueron similares a las muestras fabricadas por sustracción en densidad y resistencia a

la flexión. Los intervalos de confianza del 95% del módulo de Weibull de la cerámica L80 fueron más altos (sin fracción de superposición) que los de la cerámica L75 y fueron similares al control (fracción de superposición). Las características Weibull de la cerámica L80 fueron superiores a las de la cerámica L75 y al control. SLA se puede utilizar para procesar estructuras de coronas adecuadas, sin embargo, mostraron contracción anisotrópica. Como conclusión, es posible construir, mediante impresión 3D SLA, una estructura de corona de alúmina densa con una forma controlada; no obstante, se necesitan más estudios sobre la adaptación marginal y la contracción de la corona de alúmina (19).

Análisis

La impresión 3D o fabricación aditiva es la manufactura de un producto obtenido de un ambiente virtual, con un diseño previo en computadora donde, en el área médica, se toma en consideración imágenes radiográficas como las tomografías (9). Con esta técnica, se pueden realizar estructuras complejas como restauraciones o prótesis sin desperdiciar tanto material, y, además, es una alternativa más económica que la técnica sustractiva (15).

Entre las técnicas de fotopolimerización vat, la SLA usa polímeros fotocurables y cerámicos, como alúmina e incluso se está comenzando a incursionar con zirconio; y en el caso de DLP, se usa mayormente resinas fotopolimerizables (7, 15, 19). En el método FFF, los materiales son polímeros termoplásticos como el PEEK, PSSU y el

PMMA o también, se trabaja con fibras reforzadas con polímeros (11, 16, 18). El uso de metales como cromo-cobalto y demás aleaciones se da en la técnica fusión por lecho de polvo, específicamente en el SLS (Sinterización por láser selectiva) (17, 18).

El método de fotopolimerización vat brinda alta calidad y resolución, específicamente la técnica SLA, se obtiene coronas con mayor o similar precisión marginal y adaptación interna que las fabricadas con CAD/CAM (18). Los polímeros fotocurables impresos por SLA presentan mayor precisión y fuerza que la mínima aceptable para restauraciones provisionales, y, además, dan finos detalles con un acabado final suave al ser fáciles de pulir (15). Las cerámicas por SLA tienen una contracción anisotrópica aceptable y alta resistencia, como en el caso de la alúmina L80, que es un material confiable de gran densidad con resistencia a la flexión y características de Weibull adecuada para la impresión 3D (15, 19). Las resinas por DLP dispersan las fuerzas oclusales y presentan durabilidad física ante la carga oclusal; su precisión dimensional es adecuada para prótesis definitivas y el ajuste interno de las coronas fabricadas de este material tienen buena adaptación con pocas discrepancias marginales; aparte de ello, algunas marcas de este tipo de resinas, se pueden usar en impresoras mono-LCD manteniendo los estándares ISO adecuados para restauraciones provisionales (7, 14).

La impresión ME (extrusión de material), como la FFF, presenta resolución fina, con control a la microestructura y es de bajo costo (18). El PSSU se imprime de una manera práctica y económica; además, tiene resistencia a la flexión y pérdida de altura durante el desgaste de dos cuerpos comparable al PEEK que es otro polímero con

características aptas para prótesis e incrustaciones (16). El PMMA presenta biocompatibilidad al medio bucal, asimismo, es insoluble a la saliva y a fluidos orales, no se adhiere químicamente a los dientes, y sus propiedades mecánicas resisten las fuerzas de masticación (11).

La impresión de metales mediante el SLS es rápida y de bajo costo (18). El cromo-cobalto impreso presenta buena resistencia a la tracción, elasticidad, resistencia a la fatiga y a la corrosión, asimismo, para mejorar el material se le puede agregar molibdeno (disminuye la susceptibilidad a la corrosión), tungsteno (fortalece la solución sólida), silicio y manganeso (mejoran la fluidez de la oxidación), niobio (fortalece de la solución.), cerio, hierro y carbono (17).

Entre las desventajas de la impresión por fotopolimerización vat, tenemos los materiales limitados, el difícil manejo y la tecnología costosa (18). La resina fotopolimerizable causa sensibilidad a la piel, ya que puede ser irritante por contacto e inhalación, aparte, son materiales de alto costo y no se pueden esterilizar al calor. El aglutinante en polvo presenta baja resolución, no se puede esterilizar y es un polvo desordenado. El polvo sinterizado tiene una superficie áspera, son materiales moderadamente costosos y requiere de tecnología cara (9). Otra desventaja de los polímeros fotocurables es que la dirección de la impresión puede afectar la eficiencia del producto; además, todavía no han sido evaluados por sus características ópticas y cromáticas (13, 15). Aparte, las resinas realizadas por impresión DLP son

moderadamente citotóxicas a los queratinocitos gingivales, además, inducen a la expresión de interleuquinas 8 (indicadores de inflamación) (12).

Los materiales con incorporación de partículas cerámicas presentan como inconveniente la distorsión después de la polimerización, dando defectos como porosidad y grietas. Con respecto a los materiales con incorporación de zirconio, todavía es difícil su impresión en 3D, además, durante su polimerización, puede causar una dispersión significativa de la luz lo que limita su profundidad de curado (15).

Los termoplásticos tienen como desventaja la necesidad de retirar el material de soporte y que solo se use materiales biológicos (9). Uno de ellos, el PPSU, pierde parte de sus propiedades mecánicas al ser impresos por lo que se debe mejorar las impresoras (16). Aparte, otro material como el PMMA es débil comparado con las resinas que se usan en restauraciones directas o indirectas (18). Entre los inconvenientes de imprimir con el método SLS tenemos su baja resolución, su costosa tecnología y su lento proceso de impresión; además que el cromo cobalto impreso no es adecuado para tratamientos estéticos y micro invasivos (18).

En odontología, la impresión 3D tiene diversas aplicaciones y es una técnica muy prometedora, se emplea actualmente en muchos consultorios y laboratorios dentales, debido a que es aplicada para realizar modelado médico de diagnóstico, guías quirúrgicas, coronas y estructuras de prótesis parciales, modelos dentales para odontología restauradora, prótesis maxilofaciales, etc (9). Una de las aplicaciones más

comunes es en la fabricación de restauraciones provisionales, para respaldar la función y la estética hasta la instalación de una restauración definitiva. Es importante que estos materiales tengan propiedades mecánicas adecuadas, precisión de ajuste, estabilidad de color y dureza para cumplir su función (1). También puede usarse potencialmente para convertir la mandíbula previamente escaneada en modelos de yeso impresos con fines clínicos (9).

En ortodoncia, se pueden fabricar aparatos termoplásticos ampliamente sobre la base de modelos físicos impresos en 3D; otro uso, en esta especialidad, es la de impresión 3D con materiales rígidos y flexibles de férulas de unión indirecta para la colocación precisa de brackets, utilizando el software CAD de ortodoncia (5,9). En rehabilitación oral, las resinas de impresión 3D son materiales viables para fabricar bases de prótesis (11) Como uso para modelo médico, permite que la anatomía compleja, inusual o desconocida se revise cuidadosamente y se planifique o practique un abordaje quirúrgico antes de la cirugía (9). En endodoncia, se pueden crear unas guías de acceso específicas para el tratamiento de dientes con obliteración del conducto pulpar, mala posición o restauración (Acceso endodóntico guiado) para mitigar el riesgo de perforación con medidas que producen una ruta real de acceso e instrumentación del conducto. En la microcirugía endodóntica (EMS), se pueden crear los stents impresos en 3D para mitigar el riesgo a la invasión de estructuras neurovasculares y dientes adyacentes. Durante la fase de CAD, se utiliza una representación 3D del sitio quirúrgico para diseñar un stent personalizado que reproduce el punto de acceso planificado para la osteotomía. Una vez que se completa el diseño, el archivo STL se

transfiere a una impresora 3D donde se fabrica una guía quirúrgica que reproduce la vía de acceso planificada (20).

Al ser una técnica innovadora en odontología, el acceso a los artículos y revistas fue limitado. Pese a poder acceder a revisiones sistemáticas y de metanálisis, la mayoría de los artículos concluyeron que se necesitan más estudios de los materiales de impresión 3D, puesto que había pocos estudios experimentales in vitro y/o clínicos que abarcaban propiedades mecánicas, físicas y estéticas de los materiales. Asimismo, algunos estudios se dirigían más a las técnicas de impresión, incluso, mencionan y se enfocaban en la técnica CAD/CAM al haber materiales que también pueden ser usados en dicho método, dificultando la búsqueda de información.

La impresión 3D parece ser una tecnología muy prometedora que puede resolver el camino para el desarrollo de nuevas estrategias clínicas. En nuestra revisión sistemática, resaltamos la importancia de conocer los materiales de impresión 3D que actualmente se pueden usar con este método según las técnicas aditivas disponibles, asimismo, discernir en cuáles casos se puede aplicar en odontología y cuál material sería la mejor elección. Aparte de ello, con esta revisión demostramos la necesidad de incentivar a realizar estudios experimentales in vitro y clínicos sobre las propiedades físicas, mecánicas y estéticas de los diversos materiales de impresión 3D aplicados en odontología.

V. CONCLUSIONES

De la presente revisión de literatura, se concluye que:

- Los principales materiales de impresión 3D por técnica aditiva son los polímeros o resinas fotopolimerizables (polvo sinterizado, aglutinante en polvo) para el método de estereolitografía, los polímeros o resinas termoplásticos para la fabricación por filamentos fusionados, y el cromo-cobalto para la técnica fusión por lecho de polvo.
- Las principales ventajas de los materiales para la impresión 3D por técnica aditiva son su procesamiento rápido, su porosidad controlada siendo más predecibles y menos invasivos, su mediano a bajo costo, la capacidad de tener un buen acabado y buena precisión, y que sus propiedades mecánicas son aptas para soportar el medio bucal.
- Entre las principales desventajas de los materiales para la impresión 3D por técnica aditiva encontramos de que algunos materiales no se pueden esterilizar con calor; aparte, se requiere de una tecnología de alto costo y que su mantenimiento y reparación conllevan a un procesamiento posterior difícil; además, puede causar problemas por posible inhalación del material y la citotoxicidad que puede presentar algunos materiales.

- Las principales aplicaciones en odontología de los materiales para la impresión 3D por técnica aditiva son, en cirugía bucomaxilofacial, para el planeamiento quirúrgico; en implantología, para guías quirúrgicas; y en prostodoncia, para restauraciones provisionales, prótesis removibles y fijas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Taiseer A, Sulaiman BDS. Materials in digital dentistry—A review. *J Esthet Restor Dent*. 2020; 1–11. Disponible en: doi: 10.1111/jerd.12566
2. Muñoz Ibañez C, Gayosso Mexia S. Convergencia de la Ciencia: Una visión multidisciplinaria. Aplicaciones y desafíos tecnológicos en las diferentes ramas del conocimiento. 1ª edición, 2019. [Internet]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/342654850>
3. César A, Olivos A, Landa C, Cárdenas V, Silva P, Suárez Carlos et al . Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina. *Rev Fac Med (Méx.)*. 2018;61(6):43-51.
4. Barazanchi A, Chun Li K, Al-Amleh B, Lyons k, Waddell N. Additive Technology: Update on Current Materials and Applications in Dentistry. *Journal of Prosthodontics* 2016; 1-8. Disponible en: doi: 10.1111/jopr.12510
5. Soo-Yeon K, Yoo-Seok S, Hwi-Dong J, Chung-Ju H, Hyoung-Seon B, Jung-Yul C. Precision and Trueness of Dental Models Manufactured with Different 3-Dimensional Printing Techniques. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2018;153(1):144-153.
6. Vasquez A, Ochoa J, Osorio D, Rodriguez H. Denture Base Polymers for Analog and Digital Manufacturing: Comparative Study of the Flexural Strength, Elastic Modulus, and Compressive Strength of Their Mechanical Properties. *Rev Fac Odontol Univ Antioq*. 2021;33(1):6-16.

7. Kakinuma H, Izumita K, Yoda N, Egusa H, Sasaki K. Comparison of the accuracy of resin-composite crowns fabricated by three-dimensional printing and milling methods. *Dental Materials Journal*. 2022;41(6):808–15.
8. Branco A, Colaco R, Figueiredo C. Recent Advances on 3d- Printed Zirconia-Base Dental Materials: A Review. *Materials (Basel)*. 2023;16(5):1860. doi: 10.3390/ma16051860.
9. Dawood A, Marti B, Sauret V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J*. 2015;219(11):521-9.
10. Galante R, Figueiredo CG, Serro AP. Additive manufacturing of ceramics for dental applications: A review. *Dental Materials*. 2019;35(6):825-46.
11. Lourinho C, Salgado H, Correia A. Mechanical Properties of Polymethyl Methacrylate as Denture Base Material: Heat-Polymerized vs. 3D-Printed- Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *Biomedicines*. 2022;10(10):2565. doi: 10.3390/biomedicines10102565.
12. Frasherri, I, Aumer, K, Keßler, A. Effects of resin materials dedicated for additive manufacturing of temporary dental restorations on human gingival keratinocytes. *J Esthet Restor Dent*. 2022;34(7):1105-12.
13. Espinar, C, Della Bona, A, Pérez, MM. Color and optical properties of 3D printing restorative polymer-based materials: A scoping review. *J Esthet Restor Dent*. 2022;34(6):853-64.
14. Chen H, Cheng DH, Huang SC, Lin YM. Comparison of flexural properties and cytotoxicity of interim materials printed from mono-LCD and DLP 3D printers. *J Prosthet Dent*. 2021;126(5):703-8.

15. Della Bona A, Cantelli V, Britto VT. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. *Dent Mater.* 2021;37(2):336-50.
16. Schönhoff LM, Mayinger F, Eichberger M, Reznikova E, Stawarczyk B. 3D printing of dental restorations: Mechanical properties of thermoplastic polymer materials. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021; 119:104544. doi: 10.1016/j.jmbbm.2021.104544.
17. Bae S, Hong MH, Lee H. Reliability of Metal 3D Printing with Respect to the Marginal Fit of Fixed Dental Prostheses: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials (Basel).* 2020;13(21):4781. doi: 10.3390/ma13214781.
18. Saratti CM, Rocca GT, Krejci I. The potential of three-dimensional printing technologies to unlock the development of new 'bio-inspired' dental materials: an overview and research roadmap. *J Prosthodont Res.* 2019;63(2):131-9.
19. Dehurtevent M, Robberecht L, Hornez JC, Thuault A, Deveaux E, Béhin P. Stereolithography: a new method for processing dental ceramics by additive computer-aided manufacturing. *Dental materials.* 2017;33(5):477-85.
20. Anderson J, Wealleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing. *International endodontic journal.* 2018;51(9):1005-18. doi:10.1111/iej.12917

ANEXOS

Anexo 1: Estrategias de búsqueda electrónica

Base de datos	Estrategia de búsqueda
PubMed	(("Printing, Three-Dimensional"[Mesh]) AND "Dental Materials"[Mesh])

Anexo 2. Cuadro resumen de artículos

N°	Año	Autores	País	Objetivos	Resultados	Conclusiones
1	2022	Lourinho C, Salgado H, Correia A, Fonseca P.	Portugal	Comparar las propiedades mecánicas de las resinas de base dental para impresión 3D con las convencionales	Se desarrolló un metanálisis para estimar la resistencia a la flexión. El kappa de Cohen correspondiente a esta revisión fue de 1,00 y la evaluación del riesgo se consideró baja para los estudios incluidos. La resina de impresión 3D presentó valores más bajos de resistencia a la flexión y dureza en comparación con la resina termopolimerizable. En cuanto a la resistencia al impacto, se registró un valor menor para la resina termopolimerizable en comparación con la resina de impresión 3D.	Las resinas de impresión tridimensional son materiales viables para fabricar bases protésicas, pero necesitan más investigación clínica.
2	2022	Fraseri, I, Aumer, K, Keßler, A, Miosge, N, Folwaczny, M.	Alemania	Investigar el efecto de los eluatos de materiales de resina convencionales e impresos en 3D para la fabricación de restauraciones dentales temporales en los queratinocitos gingivales.	A las 24 h, y más notablemente a las 48 h, se produjo una disminución significativa en la viabilidad celular para los materiales impresos en 3D en comparación con los queratinocitos gingivales humano (IHGK) no tratados, pero también en comparación con Grandio disc y Luxatemp. Excepto por la expresión de IL-8 en presencia del eluato de Grandio disc a las 24 y 48 h, todos los materiales probados causaron atenuación de IL-6 y 8 de IHGK durante cualquier período de observación.	Los materiales para la fabricación aditiva afectan a la proliferación celular de forma diferente al material de fabricación sustractiva Grandio disc y al material convencional Luxatemp.
3	2022	Espinar, C, Della Bona, A, Pérez, MM, Pulgar, R	España	Presentar una descripción general de la literatura publicada sobre el color y las propiedades ópticas de los materiales de restauración a base de polímeros de impresión 3D.	Nueve estudios cumplieron los criterios de inclusión. Cinco estudios se centraron en evaluar solo la estabilidad del color; tres artículos evaluaron la estabilidad del color junto con las propiedades mecánicas y morfológicas y solo un estudio comparó los parámetros de color de los polímeros impresos en 3D con los convencionales. Dos estudios evaluaron el parámetro de translucidez y no se encontró ningún estudio que evaluara la dispersión, la absorción y la transmitancia.	Las propiedades ópticas y de color de los polímeros impresos en 3D que se pueden usar en odontología restauradora no se evalúan ni caracterizan adecuadamente. Los estudios futuros sobre la influencia de las condiciones de impresión experimentales deberían incluir estas propiedades físicas para ayudar a mejorar la estética.
4	2022	Kakinuma H, Izumita K, Yoda N, Egusa H, Sasaki K.	Japón	Comparar las precisiones dimensionales de las coronas de resina compuesta	Independientemente de la forma del pilar, las coronas impresas en 3D mostraron una mayor precisión con menos discrepancias marginales que las coronas fresadas. Las coronas fresadas mostraron desviaciones dimensionales significativas, especialmente en las cúspides. Por	El método de impresión 3D basado en DLP demostró mejor precisión de ajuste dimensional en comparación con el

				impresas en tres dimensiones (3D) y fresadas, y determinar las formas aceptables de los dientes pilares para la impresión.	otra parte, la corrección del offset dio como resultado surcos en la superficie interna de las coronas fresadas con desviaciones negativas, que fueron especialmente evidentes en las coronas de los modelos afilados.	método de fresado. El método de impresión 3D basado en DLP también mostró una alta veracidad para varias formas de pilares, incluyendo las formas inadecuadas para el método de fresado.
5	2021	Chen H, Cheng DH, Huang SC, Lin YM	Taiwan	evaluar si las resinas de impresión 3D diseñadas para impresoras 3D DLP se pueden usar con éxito en una impresora 3D mono-LCD.	después del tratamiento de post polimerización, la resistencia a la flexión de Enlighten AA temp y NextDent C&B MFH de ambas impresoras 3D superó el requisito mínimo de 50 MPa para la resistencia a la flexión de las resinas provisionales especificado en la norma 10477 de la Organización Internacional de Normalización (ISO). Con 15 minutos de FormCure y 1 minuto de post polimerización PhrozenCure, 4 combinaciones de material e impresora alcanzaron casi el 100 % de viabilidad celular.	Las resinas provisionales diseñadas para impresoras 3D DLP se pueden utilizar con éxito en impresoras 3D mono-LCD si las muestras impresas se post polimerizan en una unidad de post polimerización más potente o en una unidad de post polimerización menos potente durante más tiempo.
6	2021	Della Bona A, Cantelli V, Britto VT, Collares KF, Stansbury JW.	Brasil	Presentar a través de una revisión sistemática un análisis cualitativo de los estudios publicados sobre la impresión 3D basada en estereolitografía de materiales de restauración y su aplicabilidad clínica.	Los estudios que cumplieron con los criterios de inclusión se realizaron en Asia (21), Europa (16) y EE. UU. (10), en su mayoría utilizando materiales de restauración a base de polímeros (38) para construcciones de impresión 3D. Nueve estudios evaluaron las estructuras restaurativas a base de cerámica impresas por estereolitografía. Muchos estudios informaron sobre la precisión dimensional (14), la resistencia (11) y la morfología de la superficie (9) de las estructuras impresas. Los estudios incluidos también evaluaron la respuesta antibacteriana, la citotoxicidad, el ajuste interno y marginal, la resistencia a la fractura y al desgaste, la densidad, la viscosidad, el módulo elástico, la dureza, la contracción estructural y la confiabilidad, el grado de conversión, la profundidad de curado de la capa, la fatiga y el color. Muchos de ellos (11) publicaron una prueba de concepto como un intento de demostrar la viabilidad clínica y la aplicabilidad de la tecnología para imprimir materiales de restauración.	La odontología ha demostrado una increíble voluntad de adaptar materiales, métodos y flujos de trabajo a esta prometedora tecnología digital. Sin embargo, la apariencia estética, la resistencia al desgaste, a la humedad y la precisión dimensional son las principales limitaciones clínicas actuales que restringen la progresión a la producción de piezas funcionales con impresión 3D, que explica la ausencia de ensayos clínicos e informes sobre materiales y estructuras de restauración dental permanente/definitiva.

7	2021	Schönhoff LM, Mayinger F, Eichberger M, Reznikova E, Stawarczyk B	Alemania	Investigar las propiedades mecánicas de PPSU (thermoplastic polyphenylene sulfone) y PEEK (polymer polyetheretherketone) procesados por FFF (PPSU1-3D (PPSU Radel) y PPSU2-3D (Ultrason P 3010 NAT)) o extrusión (PPSU1-EX (Radel R-5000 NT) y PEEK-CG (PEEK Juvora))	PPSU1-3D y PPSU2-3D mostraron valores de resistencia a la flexión más bajos que PPSU1-EX y PEEK-CG. PPSU1-3D mostró la pérdida de altura más alta y PEEK-CG y PPSU1-EX la más baja. Los más altos HM y E IT se observaron resultados para PEEK-CG y los más bajos para PPSU1-3D. Se observaron correlaciones entre todos los parámetros a excepción de la altura de aplicación.	El proceso de fabricación afectó la resistencia a la flexión de PPSU, con muestras impresas en 3D presentando valores más bajos que las muestras cortadas de material moldeado prefabricado. Este hallazgo indica que los parámetros de impresión 3D empleados para la fabricación aditiva de muestras de PPSU en la presente investigación requieren una mayor optimización. Para las muestras impresas en 3D, la calidad del filamento mostró un impacto en las propiedades mecánicas, lo que subraya la importancia de cumplir con altos estándares de calidad durante la fabricación del filamento. El PPSU extruido condujo a resultados comparables con PEEK para la resistencia a la flexión y el desgaste de dos cuerpos.
8	2020	Bae S, Hong MH, Lee H, Lee CH, Hong M, Lee J, Lee DH	Corea del Sur	Evaluar la confiabilidad del ajuste marginal de las prótesis dentales fijas basadas en cobalto-cromo impresas en 3D en comparación con los métodos de colado convencionales	El metanálisis reveló que la brecha marginal de las prótesis fabricadas con impresión 3D era significativamente menor en comparación con las fabricadas con métodos de fundición. La diferencia estimada entre los tipos de unidades únicas y múltiples no difirió significativamente. En el análisis de subgrupos para los métodos de medición, la tendencia de discrepancia marginal entre los grupos de impresión 3D y fundición fue significativamente diferente entre los artículos que utilizaron la observación directa y los que utilizaron la técnica de réplica de silicona.	Las tecnologías de impresión 3D de metal parecen fiables como alternativa a los métodos de fundición en cuanto al ajuste de las prótesis dentales fijas. Para analizar los factores que influyen en la fabricación y confirmar los resultados de esta revisión, se requieren más estudios clínicos y de laboratorio controlados.
9	2019	Saratti CM, Rocca GT, Krejci I	Suiza	Resumir los aspectos fundamentales	Los conceptos bioinspirados se aplican en campos de la ingeniería para mejorar la dureza y la resistencia de los materiales artificiales. El área de	La investigación debe centrarse en nuevas técnicas de impresión -

				empleados por naturaleza para evitar fallas dentarias prematuras. En base de estos hallazgos, definir y evaluar las reglas para los procesos de fabricación 'posmodernos' en la imitación y regeneración de sistemas biológicos complejos.	este tipo de tecnología con mayor potencial es la fabricación aditiva. Por ello, estas tecnologías y conceptos se pueden aplicar a la odontología para mejorar las propiedades mecánicas de las restauraciones dentales. La impresión 3D ofrece una perspectiva nueva y prometedora de regeneración de tejidos dentales.	3D aditivas para abrir nuevos caminos de investigación en odontología que mejorarán el rendimiento clínico de los materiales dentales artificiales.
10	2017	Marion Dehurtevent , Lieven Robberecht , Jean-Christophe Hornezc , Anthony Thuault , Etienne Deveauxb, Pascal Béhin	Francia	El objetivo de este estudio fue comparar las propiedades físicas y mecánicas de las cerámicas de alúmina fabricadas por estereolitografía (SLA) de diferente composición con las de las cerámicas fabricadas por sustracción y producir estructuras de coronas dentales adecuadas	Las muestras de SLA con bajo contenido de materia seca tenían resistencias a la flexión y densidad significativamente más bajas. Solo las muestras de SLA con un tamaño de partícula grande y un alto contenido de materia seca (L75 y L80) fueron similares en densidad y resistencia a la flexión a las muestras fabricadas por sustracción. Los intervalos de confianza del 95% del módulo de Weibull de la cerámica L80 fueron más altos (sin fracción de superposición) que los de la cerámica L75 y fueron similares al control (fracción de superposición). Las características Weibull de la cerámica L80 fueron superiores a las de la cerámica L75 y al control. SLA se puede utilizar para procesar estructuras de coronas adecuadas, pero muestra resultados en contracción anisotrópica.	Los resultados mostraron que es posible construir una estructura de corona de alúmina 3D densa con una forma controlada utilizando el proceso de fabricación SLA. Sin embargo, se necesitan estudios posteriores sobre la adaptación marginal y la contracción de la corona de alúmina.